



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

CLAUDIA MACIEL FERREIRA

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E MANEJO DE CORTE SOBRE A
MORFOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA [*Opuntia stricta*
(Haw.) Haw.]**

RECIFE

2022

CLAUDIA MACIEL FERREIRA

EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E MANEJO DE CORTE SOBRE A MORFOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.]

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade de Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientador(a):

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha.

Coorientador(es):

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

Dr.^a Mária da Conceição Silva

RECIFE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

c615e

Ferreira, Claudia Maciel

EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E MANEJO DE CORTE SOBRE A MORFOLOGIA E
PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA [Opuntia stricta (Haw.) Haw.] / Claudia Maciel Ferreira. - 2022.
35 f. : il.

Orientador: Marcio Vieira da Cunha.

Coorientador: Alexandre Carneiro Leao de Mello.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Recife, 2022.

1. Palma Forrageira. 2. Densidade de Plantio. 3. Intensidade de corte. 4. Morfologia. 5. Produtividade. I. Cunha, Marcio Vieira da, orient. II. Mello, Alexandre Carneiro Leao de, coorient. III. Título

CDD



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E MANEJO DE CORTE SOBRE A
MORFOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA [*Opuntia stricta*
(Haw.) Haw.]**

Dissertação elaborada por:

CLAUDIA MACIEL FERREIRA

Aprovada em 20/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Zootecnia

(Orientador)

Prof.^a Dr.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE)

Unidade Acadêmica de Serra Talhada

A minha família, em especial, aos meus avos Valdeir e Josefa, por todo cuidado, amor e carinho e por me apoiar nos momentos mais difíceis e importantes da minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu refúgio e me dá forças sempre que necessário.

Aos meus avós, Josefa Belina Maciel e Valdeir Maciel de Oliveira, por todos os ensinamentos, cuidados e amor. Sempre serei grata a vocês.

A Jorsiley Porfirio Alves, pela parceria, paciência e amor. E por toda contribuição durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Djalma Faustino Ferreira e Maria das Dores Maciel de Oliveira, pela minha vida. Sempre honrarei a vocês, mesmo com toda dificuldade.

A toda minha família, que deu suporte quando necessário e que de alguma forma me ajudou a chegar até aqui. Em especial, a minha sogra Lindinalva Francisca Alves, pela sabedoria transmitida e apoio.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, pela oportunidade de ingresso no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - PPGZ, pela oportunidade de desenvolvimento do Mestrado e à toda equipe que compõe o programa, pela ajuda e suporte necessário para condução do Mestrado.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, pela concessão do local para desenvolver a pesquisa e a todos os funcionários envolvidos. Em especial, a Djalma Cordeiro dos Santos, por se disponibilizar e sanar as dúvidas quando necessário.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao meu orientador, professor Márcio Vieira da Cunha, pela orientação neste projeto e por toda contribuição nas correções e orientações para o desenvolvimento dessa pesquisa. Agradeço também a paciência e a compreensão que foram muito importantes. Obrigada por tudo e por me acompanhar nessa caminhada profissional.

Aos coorientadores, professor Alexandre Carneiro Leão de Mello e doutora Maria da Conceição Silva, pela ajuda no decorrer deste trabalho, disponibilidade e contribuições.

Aos amigos de Pós-Graduação, Webert Aurino, Caio César, Dayanne Camelo, Maria Aline, Nathália Viana, Géssica Solana e a todos com quem compartilhei conhecimento durante essa caminhada, pela convivência, mesmo que pouca devido à pandemia, e apoio durante desenvolvimento do mestrado.

Aos professores do PPGZ-UFRPE, por transmitir o conhecimento em suas disciplinas, que contribuíram para minha formação e melhor entendimento científico.

A todos que fazem parte do grupo de pesquisa de Forragicultura da UFRPE, pelos ensinamentos compartilhados durante a pesquisa, incentivo e ajuda.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para conclusão deste trabalho, tanto no âmbito profissional, como pessoal.

A TODOS, SOU MUITO GRATA!

RESUMO

A palma orelha de elefante mexicana [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.] tem sido bastante utilizada na região do Nordeste do Brasil, em virtude de ser resistente a cochonilha do carmim. Assim, é importante definir estratégias de plantio e manejo de corte para esta cultivar. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da intensidade de corte (preservação do cladódio mãe ou primários) e espaçamento de plantio (1,80 m x 0,10 m; 1,80 m x 0,20 m; 1,80 m x 0,40 m; 1,80 m x 0,80 m.) sobre a morfologia e produtividade da palma orelha de elefante mexicana, em palmal com cerca de 10 anos de estabelecimento. O experimento foi realizado na estação experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizado em Arcoverde, Pernambuco. O clima da área experimental é semiárido. Os tratamentos foram casualizados em blocos, com parcela subdivididas e quatro repetições. A parcela principal foi formada pelos espaçamentos de plantio e as subparcelas pelas intensidades de corte. Os dados de duas colheitas anuais, relativas a 2020 e 2021, foram submetidos a ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foi realizada também análise de componentes principais. A intensidade de corte preservando-se os cladódios primários favoreceu maior altura da planta (95,1 cm), comprimento do cladódio (32,5 cm), largura do cladódio (19,8 cm), área do cladódio (499,9 cm²), índice de área foliar (3,1), produção de matéria verde (199,4 t ha⁻¹ ano⁻¹), produção de matéria seca (18,8 t ha⁻¹ ano⁻¹), acúmulo de água da cultura (180,5 t ha⁻¹ ano⁻¹) e eficiência de uso da água da chuva (22,1 kg de MS mm⁻¹). O espaçamento de 1,8 m x 0,40 m promoveu plantas com maior produção de matéria verde (198 t ha⁻¹ ano⁻¹), acúmulo de água da cultura (179,1 t ha⁻¹ ano⁻¹), eficiência de uso da água da chuva (23,8 kg de MS mm⁻¹) e produção de matéria seca (18,9 t ha⁻¹ ano⁻¹), que não diferiu da produção obtida no espaçamento de 1,8 m x 0,80 m (13,4 t ha⁻¹ ano⁻¹). Os espaçamentos de 1,8 m x 0,80 m e 1,8 m x 0,40 m favoreceram maior altura de planta (85,3 e 84,4 cm, respectivamente) e largura de cladódio (20,3 e 20,0 cm, respectivamente). O maior índice de área de cladódio (3,1) foi obtido no espaçamento de 1,8 m x 0,10 m e 1,8 m x 0,20 m, sendo que este último não diferiu dos demais. Nos espaçamentos de 1,8 m x 0,80 m e 1,8 m x 0,40 m, quando os cladódios primários foram preservados, as plantas apresentaram maior largura (131,3 e 119,0 cm, respectivamente), área fotossintética total (33643,0 e 25248,7 cm², respectivamente) e número de cladódios (57,9 e 46,0 respectivamente). O maior espaçamento de plantio promoveu maior produção de matéria seca por planta (2941,6 kg de MS por planta). A preservação dos cladódios primários na colheita proporciona o desenvolvimento de plantas maiores e mais largas, com maior área de cladódio, maior produtividade e maior acúmulo de água. Destaca-se que nem sempre o espaçamento de plantio mais adensado, que proporciona maior população de plantas por área, acarreta maior produtividade e que o arranjo das plantas pode ser um fator importante na definição da produtividade. Assim, o espaçamento de plantio de 1,8 m x 0,40 m favorece maior produtividade da palma forrageira orelha de elefante mexicana.

Palavras-chaves: altura da planta, largura da planta, número de cladódios, produção de matéria seca.

ABSTRACT

Forage cactus “orelha de elefante mexicana” [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.] has been widely used in the Northeast region of Brazil, due to its resistance to cochineal carmine. It is important to define planting and harvesting management strategies for this cultivar. This study aimed to evaluate the effect of harvesting intensity (preservation of the mother or primary cladodes) and planting spacing (1.80 m x 0.10 m; 1.80 m x 0.20 m; 1.80 m x 0.40 m; 1.80 m x 0.80 m.) on the morphology and productivity of the “orelha de elefante mexicana” cactus, in about 10-year-old cultivation. The experiment was carried out at the experimental station of the Pernambuco Agronomic Institute, located in the city of Arcoverde, Pernambuco, Brazil. The climate of the experimental area is semi-arid. The treatments were randomized in blocks, with split plots and four replications. The main plot was formed by the planting spacing and the subplots by the harvesting intensities. Data from two annual harvests, 2020 and 2021, were analyzed using ANOVA and the means were compared by the Tukey's test, at 5% probability. Principal component analysis was also performed. The cutting intensity based on the preservation of the primary cladodes favored greater plant height (95.1 cm), cladode length (32.5 cm), cladode width (19.8 cm), cladode area (499.9 cm²), leaf area index (3.1), green matter yield (199.4 t ha⁻¹ year⁻¹), dry matter yield (18.8 t ha⁻¹ year⁻¹), crop water accumulation (180.5 t ha⁻¹ year⁻¹) and rainwater use efficiency (22.1 kg DM mm⁻¹). The spacing of 1.8 m x 0.40 m favored plants with greater green matter yields (198 t ha⁻¹ year⁻¹), crop water accumulation (179.1 t ha⁻¹ year⁻¹), crop efficiency use of rainwater (23.8 kg DM mm⁻¹) and dry matter yield (18.9 t ha⁻¹ year⁻¹), which did not differ from the production obtained in the spacing of 1.8 m x 0.80 m (13.4 t ha⁻¹ year⁻¹). The spacings of 1.8 m x 0.80 m and 1.8 m x 0.40 m favored greater plant height (85.3 and 84.4 cm, respectively) and cladode width (20.3 and 20.0 cm, respectively). The greatest cladode area index (3.1) was obtained in the spacing of 1.8 m x 0.10 m and 1.8 m x 0.20 m, the latter not differing from the others spacings. In the spacings of 1.8 m x 0.80 m and 1.8 m x 0.40 m, when the primary cladodes were preserved, the plants showed greater width (131.3 and 119.0 cm, respectively), total photosynthetic area (33643.0 and 25248.7 cm², respectively) and number of cladodes (57.9 and 46.0 respectively). The largest planting spacing promoted greater dry matter yield per plant (2941.6 kg of DM per plant). The preservation of the primary cladodes at the harvest allowed the development of larger and wider plants, with a larger cladode area, greater productivity and water accumulation. It is noteworthy that not always the denser planting spacing, which provides a greater population of plants per area, leads to greater productivity. The arrangement of the plants can be an important factor in defining the productivity. The planting spacing of 1.8 m x 0.40 m favored greater productivity of the forage cactus “orelha de elefante mexicana”.

Keywords: dry matter yield, number of cladodes, plant height, plant width

LISTA DE ILUSTRAÇÕES**Página**

Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm), temperatura máxima e temperatura mínima do ar (°C) na Estação Experimental, do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), Arcoverde – PE, nos anos de 2019 a 2021.....	18
Figura 2. Análise de componentes principais com as características morfológicas e produtivas da palma orelha de elefante mexicana sob diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte. Observações por espaçamentos de plantio (A) e por intensidades de corte (B).....	28

LISTA DE TABELAS**Página**

Tabela 1. Características morfológicas em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob duas intensidades de corte.....	21
Tabela 2. Características morfológicas em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob quatro espaçamentos de plantio.	22
Tabela 3. Número de cladódios total, secundários e terciários e área fotossintética total em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte.....	23
Tabela 4. Produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS), acúmulo de água da cultura (AAC) e eficiência de uso da água da chuva (EUC) em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob duas intensidades de corte.	24
Tabela 5. Produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS), acúmulo de água da cultura (AAC) e eficiência de uso da água da chuva (EUC) em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob diferentes espaçamentos de plantio.	25
Tabela 6. Produção de matéria seca por planta em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte.....	26

SUMÁRIO**Pg.**

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Origem e caracterização da palma forrageira	13
2.2 Influência do espaçamento de plantio na morfologia e produtividade da palma forrageira.....	15
2.3 Influência do manejo de corte na morfologia e produtividade da palma forrageira	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Local e descrição do experimento.....	18
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	19
3.3 Avaliação da morfologia das plantas	19
3.4 Avaliação produtiva das plantas	20
3.5 Análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Nopalea* e *Opuntia*) pertence ao grupo de plantas que possuem o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). As plantas pertencentes a este grupo possuem morfologia e fisiologia distintas daquelas de metabolismo de fixação de carbono C₄ e C₃ (APOLLON et al., 2022). A cactácea é indicada como forragem primária a ser adotada no semiárido devido a suas características nutricionais e produtivas, como a boa produção de água e de energia por unidade de área, podendo, assim, ser considerada a rainha das plantas forrageiras em condições de sequeiro (ROCHA FILHO et al., 2021).

As áreas áridas e semiáridas ocupam cerca de 55% do território mundial (HUSSAIN et al., 2018). O semiárido brasileiro localiza-se na região Nordeste do país, com um território de 1.128.697 km². Seus municípios e habitantes contabilizam 1.692 e 27.870.242, respectivamente (SUDENE, 2017). O semiárido possui chuvas irregulares, alta evapotranspiração anual, solos rasos e com capacidade reduzida de reter a umidade, características que afetam a produção de forragem (SILVA et al., 2014).

Produzir forragem em condições adversas atraiu a atenção para a palma forrageira (FONSECA et al., 2022). Para Silva et al. (2017), nos últimos anos, é crescente a utilização da palma orelha de elefante mexicana (OEM) [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.] no Nordeste por causa de suas características agronômicas que se adaptam ao semiárido brasileiro (MAHOUACHI et al., 2012), principalmente sua tolerância ao déficit hídrico (MONTEIRO et al., 2014), sendo por isso considerada uma forrageira essencial para a pecuária na região (SILVA et al., 2018). Por apresentar resistência à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), a palma OEM surgiu como alternativa para minimizar os danos causados por essa praga aos palmais da cultivar gigante (SILVA, 2019), tradicionalmente cultivada.

A produção de palma forrageira é afetada por diversos fatores e, entre eles, podemos citar a disponibilidade de nutrientes no solo devido à fertilidade natural ou oriunda da adição de fertilizantes, dos tipos de manejo, do clone utilizado, do uso de irrigação, da temperatura, do espaçamento de plantio, da frequência de corte, dentre outros fatores (SANTOS et al. 2013; MATOS et al., 2020).

Ramos et al. (2021) avaliaram as características morfológicas e produtivas de diferentes genótipos de palma forrageira e verificaram que a OEM esteve entre os genótipos que apresentaram alta produtividade de forragem, acúmulo de água e alta eficiência no uso desse

nutriente. Além disso, a OEM, quando comparada à palma miúda, revela maior capacidade de acumular nutrientes e maior produtividade de biomassa nas condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro (FERRAZ et al., 2020).

De acordo com Pinheiro et al. (2014), o rendimento da palma forrageira é influenciado pelo número total de cladódios, independentemente do gênero (*Opuntia* ou *Nopalea*). A palma OEM apresenta maior área do cladódio, quando comparada à miúda e à IPA Sertânia e crescimento nas condições do semiárido (SILVA et al., 2014). Em termos produtivos, a OEM apresentou 15,6 t MS ha⁻¹ em condições de sequeiro com frequência de corte bienal (SILVA et al., 2015). Possui ainda menor quantidade de cladódios, quando comparada à palma miúda, porém, são cladódios com maior comprimento, largura, peso e com maior área, contudo, os dois genótipos apresentam IAC semelhantes (ROCHA et al., 2017).

O adensamento, até certo nível, contribui para a maior produção da palma forrageira (RAMOS et al., 2011). Para Edvan et al. (2020), as plantas que apresentam maior altura podem ser cultivadas mais adensadas, sem que ocorra interferência no desenvolvimento de outras plantas, aumentando a produtividade e contribuindo para o manejo. No entanto, para genótipos que apresentam larguras de plantas maiores, recomenda-se o cultivo com espaçamentos maiores entre plantas devido à competição por água, luz e nutrientes, além de facilitar o tratamento da cultura e a colheita (SILVA et al., 2016).

A relação entre meio ambiente, técnicas de manejo e as características das plantas afeta tanto a estrutura da palma forrageira, como o rendimento do cladódio (MATOS et al., 2020). Quando a palma é submetida ao manejo de corte anual e bienal e à intensidade de corte preservando os cladódios-mãe, primários e secundários, ocorre maior produção de cladódios por planta, com corte realizado a cada ano. Estudo realizado por Lima et al. (2016) aponta que a menor intensidade de corte pode ser uma prática de manejo a ser adotada para garantir maior sustentabilidade da palma forrageira. O consórcio é uma prática de manejo que pode ser aplicada à palma forrageira, Alves et al. (2022) estudaram o consórcio entre a OEM e o sorgo, verificando que o manejo é uma alternativa viável para as regiões semiáridas.

Diante do exposto, a hipótese deste trabalho é que a produtividade da palma orelha de elefante mexicana é maior em espaçamentos mais adensados, com menor intensidade de corte. Assim, o objetivo objetivou-se avaliar o efeito do espaçamento de plantio e a intensidade de corte na morfologia e na produtividade da palma orelha de elefante mexicana, num palmar com cerca de 10 anos de estabelecimento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e caracterização da palma forrageira

A palma forrageira teve origem no México, porém, atualmente é distribuída por todo o mundo, exceto nas regiões polares (MARQUES et al., 2017). Pertencente à família das cactáceas, com origem na América tropical e subtropical, a palma é encontrada em todas as regiões áridas e semiáridas do mundo (NOBEL, 1995).

A palma forrageira se adapta ao clima semiárido por apresentar características anatômicas e fisiológicas que permitem sua adaptação a este ambiente (LOPES et al. 2020). Por isso, ela possui boa produtividade e aceitabilidade (ALMEIDA, 2012). Além de ser utilizada para fins forrageiros, a palma é usada para produção de corantes, alimentação humana e outros (LOPES, 2020).

As espécies de palma forrageira que pertencem ao gênero *Opuntia* passaram por adaptações evolutivas, proporcionando a morfologia peculiar deste grupo. São plantas arbóreas, cuja altura pode chegar a 5 m, possuem caule suculento, com epiderme de coloração verde, aréolas com espinhos e pelo. Os cladódios são obovalados, com 30 a 60 cm de comprimento, 20 a 40 cm de largura e 1,9 a 2,8 cm de espessura, cobertos com uma camada cerosa, possuindo a cor verde-escura (SCHEINVAR, 2001; SCHEINVAR, 2012).

A *Opuntia stricta* (Haw.) Haw), subespécie *espatazae*, é conhecida popularmente como orelha de elefante mexicana, planta de origem mexicana, introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco em 1996, cedido pela Universidade de Chapingo, México. Possui hábito de crescimento estendido, porte da planta muito baixa, formato do cladódio rômbo, cladódios largos e grossos, cor verde-escura, com ondulação, cinco aréolas na fileira central, de cor marrom, com até quatro espinhos/aréola (SANTOS et al., 2020).

Inicialmente surgiu como estratégia para enfrentar a cochonilha-do-carmim, que tem limitado a produção das cultivares redonda e gigante. Atualmente, vem sendo estudada por sua boa produtividade de matéria seca (SILVA et al., 2019). De acordo com Borges et al. (2013), a palma OEM mostra-se resistente à cochonilha-do-carmim, que afeta os cultivares nos estados detentores das maiores produções de palma forrageira no Nordeste brasileiro (GALVÃO et al., 2014; VASCONCELOS et al., 2009).

É conhecido que a disponibilidade hídrica é um fator limitante ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas e dos seres vivos em geral. Contudo, espécies vegetais do gênero *Opuntia* se adaptam muito bem a esses ambientes (ALVES et al., 2020). As plantas pertencentes a este gênero possuem características anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que

tornam possível absorver e acumular água em seus tecidos, além de reduzir ao mínimo a perda de água, mantendo o turgor celular (OLIVEIRA et al., 2010).

As plantas do gênero *Opuntia* possuem o metabolismo fotossintético ácido das crassuláceas (CAM) e elevada eficiência no uso da água, características que as tornam capazes de se desenvolver em áreas com baixa precipitação pluvial. O metabolismo CAM permite adaptação ao déficit hídrico, pois a absorção de CO₂ atmosférico ocorre no período noturno, com os estômatos permanecendo fechados durante o dia, quando a temperatura normalmente é mais elevada. Dessa maneira, ocorre redução na evapotranspiração (KHODAEIAMINJAN et al., 2021).

Jardim et al. (2021) relatam que, apesar das plantas possuírem metabolismo CAM, elas normalmente se adaptam bem em ambientes áridos e semiáridos, porém, pode haver variação a depender da espécie. Os autores avaliaram diferenças genotípicas relativas à adaptação ao semiárido e concluíram que a OEM se mostrou superior em vários parâmetros fotoquímicos, fisiológicos e produtivos, apresentando maior acúmulo de potássio, maior índice de área de cladódio e maior acúmulo de matéria seca.

Existem diversos fatores que afetam a produtividade da palma forrageira, a densidade de plantio é um desses fatores. O aumento de plantas por área pode influenciar tanto na produção de biomassa, como na concentração de nutrientes (SOUZA et al., 2017). A competição por água, luz e nutrientes aumenta com a maior densidade de plantio, de acordo com Dubeux et al. (2021).

Araújo et al. (2021) estudaram a inter-relação entre as variáveis meteorológicas e o regime hídrico com a dinâmica de crescimento e acúmulo de massa de forragem em três diferentes clones de palma forrageira (IPA-Sertânia, Miúda e OEM). Os autores concluíram que a temperatura mínima do ar, a umidade relativa do ar e o regime hídrico foram as variáveis ambientais que mais afetaram a dinâmica de crescimento e o acúmulo de massa de forragem dos clones avaliados e que a OEM demonstrou maior sensibilidade às condições ambientais.

As pesquisas sobre o uso de palma forrageira aumentaram nos últimos anos. De acordo com Lopes et al. (2020), o aumento é resultado do importante papel que a palma desempenha no sistema produtivo, sobretudo nas regiões áridas e semiáridas de todo o mundo. São crescentes os estudos sobre o nível de inclusão da OEM na dieta das diferentes espécies, especialmente ruminantes, pois, associada a diferentes ingredientes, afetarão o aspecto nutricional de modo distinto, podendo influenciar direta ou indiretamente os animais.

A palma forrageira tem sido amplamente cultivada e utilizada na alimentação de caprinos, ovinos e bovinos, principalmente como forragem fresca, o que também possibilita o aproveitamento da ingestão de água da ração (CARDOSO et al., 2019). Muitas propriedades no semiárido brasileiro ainda não possuem alta tecnologia destinada à produção dessa planta forrageira, porém, a realidade está mudando e os produtores estão adotando sistemas mais intensivos, com práticas de manejo mais adequadas (REIS-FILHO et al., 2022).

Em sistemas de produção de vacas-leiteiras produzindo até 20kg de leite por dia, em ambiente que haja a infestação de cochonilha-do-carmim, a OEM pode ser utilizada, pois permite o mesmo desempenho que a miúda, cultivar tradicional (MONTEIRO et al., 2019). Ainda ao estudarem a eficiência do uso de água de diferentes genótipos de palma forrageira, Silva et al. (2014) constataram que a palma OEM mostrou-se superior à palma miúda. Com relação ao valor nutritivo, estudos apontam que o cultivar OEM apresenta valores de 64,2 g kg⁻¹ de proteína bruta (PB), 256,5 g kg⁻¹ de fibra em detergente neutro (FDN), com digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 841,1 g kg⁻¹, com intervalo de corte de 24 meses (CARVALHO, 2018; OLIVEIRA, 2019).

2.2 Influência do espaçamento de plantio na morfologia e produtividade da palma forrageira

Os estudos sobre densidade de plantio de cactáceas no semiárido almeja o aumento da produção de forragem, entendendo e respeitando as características edafoclimáticas e sociais da região (LEMOS et al., 2018). O adensamento de plantas tem sido considerado importante para elevar a produtividade da palma forrageira. Além disso, a prática de manejo pode promover o aumento da eficiência do uso de água e, também, da interceptação luminosa, fator-chave para realização da fotossíntese (SOUZA et al., 2017). A eficiência fotossintética está intimamente ligada à produtividade da palma e à síntese de carboidratos (CAVALCANTE et al., 2014). Contudo, a densidade de plantio para palma forrageira depende do sistema de produção e do ambiente (DUBEUX et al., 2017).

De acordo com Farias et al. (2005), para definir o espaçamento de plantio da palma forrageira, é importante avaliar os aspectos como a fertilidade do solo, a quantidade de chuvas, o uso ou não de consórcio com outras plantas e o objetivo de utilização dessa planta forrageira. Os espaçamentos podem ser determinados de muitas formas, em fileiras simples (COTRIM, 2019), em fileiras triplas ou quádruplas, incluindo o espaço entre as fileiras, permitindo os tratos culturais, as colheitas e outras ações agrícolas (DONATO et al., 2017). Os autores apontam

para a importância de estabelecer as medidas que permitam boa produtividade com menor perda de produção.

Em condições de sequeiro, a palma tem capacidade de produzir acima de 30 t MS ha⁻¹ ano⁻¹ (CAVALCANTE et al., 2014). Contudo, de acordo com Santos (2006), tal potencial só pode ser atingido com práticas corretas de manejo, como densidade de plantio de acordo com o genótipo, solos corrigidos para as necessidades das plantas e controle de doenças e pragas.

Para Novais e Mello (2007), quando as plantas são adensadas, a competição entre elas aumenta, sendo assim, esta dinâmica é muito relevante, pois a palma absorve alta quantidade de nutrientes do solo (LÉDO et al., 2021), podendo ter seu estado nutricional afetado em diferentes manejos (SILVA et al., 2016). Ao estudarem a produtividade e a concentração de nutrientes em palma forrageira pertencente ao gênero *Nopalea* em diferentes densidades de plantio (5.000 plantas ha⁻¹ e 40.000 plantas ha⁻¹), Souza et al. (2017) puderam concluir que a maior densidade de plantio aumentou a produção de biomassa, porém, diminuiu as concentrações de nutrientes nas plantas, indicando a maior extração de nutrientes do solo à medida que se aumenta a população de plantas na área.

Silva et al. (2014) avaliaram diferentes densidades de plantio (10.000; 20.000; 40.000 e 80.000 plantas ha⁻¹) nas palmas miúda, gigante e redonda. Os autores indicaram que a maior produção de forragem ocorreu nas maiores densidades de plantio. Pereira et al. (2022) avaliaram as respostas estruturais e produtivas da palma OEM submetida a diferentes espaçamentos de plantio (33.333; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹). Os autores observaram que a densidade de plantio causou mudanças na estrutura da planta e na produção da palma forrageira OEM. Utilizando maiores densidades de plantio, foi possível aumentar a produtividade da forragem, no entanto, a altura, a largura e o número de cladódios diminuíram com a maior densidade de plantio.

A adubação é uma prática que pode ser utilizada na cultura da palma forrageira, conforme Silva et al. (2016), a palma forrageira responde positivamente à adubação, podendo melhorar a composição química e a produção de biomassa dessa planta forrageira. Lemos et al. (2018) ressaltam a importância da adubação com esterco bovino para beneficiar a produtividade da palma.

2.3 Influência do manejo de corte na morfologia e na produtividade da palma forrageira

A intensidade de corte afeta diretamente a produtividade e a conservação do palmal (SILVA, 2019). Atualmente, muitos estudos são desenvolvidos sobre o cultivo e o manejo de

corte da orelha de elefante mexicana. Reis Filho et al. (2022) estudaram quatro frequências de corte na OEM e verificaram que a colheita a cada 12 meses, associada à irrigação por aspersão, proporcionou maior produtividade. Em geral, maiores rendimentos da palma forrageira ocorrem quando os cladódios primários e secundários são preservados no corte (PEEREIRA et al., 2020).

Pereira et al. (2020) observaram que, ao preservar os cladódios primários e secundários da OEM no momento da colheita, houve maior altura e largura de planta, número total de cladódios, índice de área de cladódio, produção de massa seca, taxa de acúmulo de forragem e eficiência no uso da água em comparação ao corte realizado, preservando-se o cladódio-mãe. Resultado semelhante foi obtido por Rego et al. (2014). Ao estudarem o rendimento e a morfologia da palma miúda em diferentes intensidades de corte, os autores observaram que as plantas aumentavam a altura, o IAC, o comprimento de cladódio, a largura cladódio, o perímetro cladódio, a espessura cladódio e a maior área de cladódio, preservando os artículos de primeira e segunda ordem. Eles também verificaram uma maior produção de matéria verde e matéria seca na menor intensidade de corte. Ainda de acordo com Rego et al. (2014), quanto menor a intensidade de corte (preservando cladódios secundários), ocorre maior interceptação luminosa pela planta, favorecendo a fotossíntese e estimulando o desenvolvimento da palma. Alves et al. (2007) observaram que a produção de matéria seca após 19 anos da palma (gigante) foi sempre superior quando os cladódios secundários eram preservados na colheita.

Para as cultivares tradicionais, Farias et al. (2000) verificaram que o maior adensamento de plantio, associado à menor frequência de corte e à preservação de maior quantidade de cladódios pós-corte, pode atenuar o menor índice de área do cladódio (IAC) na palma forrageira. Ressalta-se que o IAC está relacionado à área fotossintética ativa da planta, indicando sua capacidade de transformar luz solar em matéria seca (DONATO et al., 2014), ou seja, tem relação direta com a produção de forragem, porém, a OEM possui características morfológicas e produtivas diferentes das demais cultivares tradicionais, podendo refletir em comportamento distinto conforme o adensamento de plantio e o manejo de corte.

Rocha et al. (2017) avaliaram as características estruturais e de produção de genótipos de palma forrageira (OEM, IPA-20 e a miúda) em diferentes intervalos de corte (4, 8, 12 e 16 meses após o plantio). Segundo os autores, houve influência do intervalo de corte sobre a morfologia dos cladódios e a estrutura das plantas, bem como na produtividade da palma forrageira. Nesse estudo, a OEM se destacou apresentando, na menor frequência de corte testada, maior quantidade de massa de forragem (20,07 t MS ha⁻¹), maior eficiência de uso da

água (160,59 kg de MS/mm de água) e maior taxa de acúmulo de forragem (3,35 g de MS/planta/dia) em comparação aos demais genótipos estudados. Tais resultados indicam que o intervalo de corte influencia as características morfológicas e produtivas da palma forrageira OEM.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e descrição do experimento

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), em Arcoverde, Pernambuco, Brasil, localizado na latitude 8°25'S e longitude 37°04'O, numa altitude de 664 m. O clima é semiárido, temperatura média do ar anual de 23,9 °C e precipitação pluvial média anual de 731 mm (INMET, 2019).

A precipitação pluvial ocorrida durante o período de crescimento da planta até o primeiro corte (novembro de 2019 a novembro de 2020) foi de 1230,5 mm. Para o período de crescimento do segundo corte, a precipitação pluvial (novembro de 2020 a novembro de 2021) foi de 618,0 mm (Figura 1).

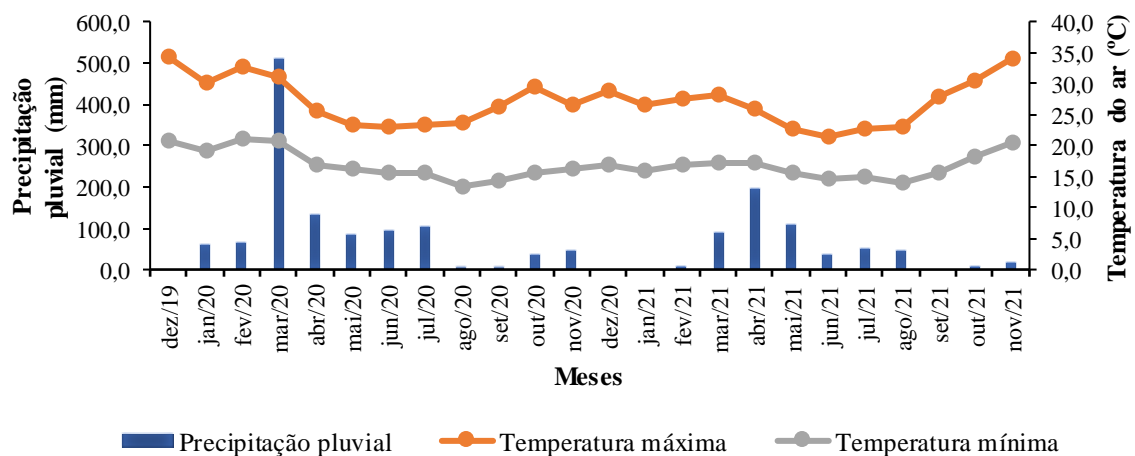


Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm), temperatura máxima e temperatura mínima do ar (°C) na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Arcoverde – PE, de dezembro de 2019 a novembro de 2021. Fonte: INMET (2022).

Estudou-se o efeito do espaçamento de plantio e da intensidade de corte sobre a morfologia e a produtividade da palma forrageira cultivar orelha de elefante mexicana [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.]. A palma foi plantada em junho de 2011 e, desde então, foram realizadas colheitas anuais e bienais, de acordo com tratamento aplicado. O método de plantio foi o uso

de covas, utilizando um cladódio por cova, enterrando 1/3 do cladódio. Na ocasião, executou-se a adubação de plantio com 20 t ha⁻¹ de esterco bovino (base na matéria orgânica) e 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, parcelados em duas aplicações, sendo a primeira no início do período chuvoso e a segunda no meio do período chuvoso. Em cada colheita, foram aplicados 20 t ha⁻¹ de esterco bovino (base na matéria orgânica). Os tratos culturais (limpeza de plantas invasoras e combate a pragas e doenças) aconteceram duas vezes por ano.

O solo da área experimental, na camada até 20 cm de profundidade, apresenta as seguintes características químicas: pH em água = 5,25; P (Mehlich-I) = 132,5 mg dm⁻³; Ca⁺² = 5,4 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,92 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,1 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,42 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,15 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al⁺³ = 3,5 cmol_c dm⁻³; CTC = 10,4 cmol_c dm⁻³; matéria orgânica = 2,5% e saturação por bases (V) = 74%.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram casualizados em blocos, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A parcela principal foi formada por diferentes espaçamentos de plantio (1,80 m x 0,10 m; 1,80 m x 0,20 m; 1,80 m x 0,40 m; 1,80 m x 0,80 m) e as subparcelas, formadas pelo arranjo fatorial entre duas intensidades de corte (preservação de cladódios-mãe ou primários após colheita) e frequência de corte anual.

A área de cada parcela principal foi de 21,6 m x 8,0 m e a de cada subparcela foi 5,4 m x 4,0 m. Em cada subparcela, foram estabelecidas três filas de palma com espaçamento de 1,8 m entre filas, variando a distância entre plantas dentro das filas, conforme os espaçamentos de plantio estudados. A área útil da parcela compreendeu 3,2 m da fila central para os espaçamentos 1,80 m x 0,10 m e 1,80 m x 0,20 m, e 2,4 m da fila central para os espaçamentos 1,80 m x 0,40 m e 1,80 m x 0,80 m, com densidade de plantio de 55.555, 27.777, 13.888 e 6.944 plantas ha⁻¹, respectivamente.

3.3 Avaliação da morfologia das plantas

Em novembro de 2020 e de 2021, foi realizada a colheita das plantas manejadas em frequência de corte anual. As avaliações morfológicas aconteceram a cada três meses em duas plantas de cada parcela. Foram medidas a altura e a largura das plantas com o auxílio de uma trena graduada em centímetros. A altura foi obtida do nível do solo até o cladódio mais alto. A largura foi medida na região da planta de maior expansão lateral. Empreendeu-se a contagem da quantidade de cladódios totais e por ordem. Foram mensurados a largura, o comprimento e

o perímetro do cladódio com uma fita métrica graduada em centímetros, e a espessura do cladódio, com um paquímetro, também em centímetros.

A área do cladódio foi estimada de forma indireta, de acordo com a equação proposta por Pinheiro et al. (2014), onde área do cladódio = $0,7086 (1 - e^{(-0,000045765 \cdot CC \cdot LC)}) / 0,000045765$, em que CC e LC são comprimento e a largura do cladódio. A área fotossintética total da planta foi considerada pela multiplicação da área do cladódio pelo número de cladódios total. O índice de área do cladódio (IAC) foi estimado pela relação entre a área fotossintética total e a área do solo ocupada pela planta (SALES et al., 2013).

3.4 Avaliação produtiva das plantas

A produção de matéria seca (PMS) foi verificada pela pesagem das plantas da área útil da parcela experimental para obtenção da produção de matéria verde (PMV), utilizando uma balança mecânica de plataforma com capacidade para 300 kg, que possuía as seguintes dimensões: 17 cm de altura, 41 cm de largura e 57 cm de perímetro. Em seguida, foi determinado o teor de matéria seca por meio da amostragem de aproximadamente 1,5 kg das plantas de cada parcela experimental, pesadas, picadas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para determinação do teor de MS. A PMS foi estimada pela multiplicação da PMV pelo teor de MS.

O acúmulo de água da cultura foi calculado pela diferença entre a PMV e a PMS, conforme Perazzo et al. (2013). A eficiência do uso da água da chuva foi estimada pela razão entre a PMS e a quantidade de água precipitada durante o período de crescimento em cada ano, como apontam Silva et al. (2014b).

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à ANOVA, utilizando modelo misto. Os tratamentos foram considerados efeitos fixos, enquanto os anos e os blocos experimentais, como efeitos aleatórios. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os dados foram analisados por meio do SAS® OnDemand for Academics. O nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade.

Realizou-se a análise de componentes principais, baseada na matriz de correlação, para estudar as interrelações entre as características estudadas e os tratamentos (espaçamento de

plantio e intensidade de corte). A análise foi realizada com o software RStudio (RStudio 2022.02.0 Build 443).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A preservação do cladódio primário no corte promoveu plantas mais altas se comparado ao corte preservando o cladódio-mãe. A morfologia do cladódio também foi afetada pela intensidade de corte. Assim, o comprimento, a largura e a área de cladódio foram maiores na menor intensidade de corte (Tabela 1).

Tabela 1. Características morfológicas em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em duas intensidades de corte.

Características	Preservação do cladódio mãe	Preservação dos cladódios primários	Erro padrão da média
Altura da planta (cm)	63,28b	95,12a	4,25
Comprimento do cladódio (cm)	29,57b	32,49a	2,54
Largura do cladódio (cm)	17,37b	19,82a	1,05
Área do cladódio (cm ²)	407,87b	499,91a	59,30
IAC	1,33b	3,06a	0,33

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A maior altura da planta na menor intensidade de corte (preservando os cladódios primários) pode ser associada ao maior índice de área de cladódio residual após a colheita, promovendo maior capacidade para planta retomar a fotossíntese, favorecendo maior acúmulo de reservas e uma rebrota mais rápida. Tal resultado colabora com o encontrado por Pereira et al. (2020), em estudo realizado com palma forrageira irrigada. Nesse estudo, as plantas atingiram 88,37 cm quando se preservou os cladódios primários e 94,5 cm, quando os cladódios secundários foram preservados. Além disso, a manutenção dos cladódios primários representa maior quantidade de meristemas remanescentes após o corte, contribuindo para a emergência de novos brotos. Nas cactáceas, as gemas axilares são representadas por aréolas ovaladas. Sob condições ambientais favoráveis, novos cladódios são originados dessa estrutura (HILLS, 2001). As condições ambientais em que as plantas estão inseridas e as características intrínsecas do gênero estudado influenciam a característica altura da planta, que tem relação direta com a produtividade da mesma (SILVA, 2019).

Na menor intensidade de corte (preservando os cladódios primários), os cladódios foram maiores (Tabela 1). Este resultado pode ser devido a uma maior eficiência de processos fisiológicos e bioquímicos, como fotossíntese, respiração e transpiração, que, por sua vez, são influenciadas por práticas de manejo de colheita que deixam maior área residual após o corte. Estas características estão diretamente ligadas ao crescimento da planta. É possível que os cladódios, nesse tratamento, tenham brotado mais rápido que os da maior intensidade, e conseqüentemente tiveram mais tempo para se desenvolver durante o período de crescimento.

O maior IAC foi obtido quando se preservou os cladódios primários no manejo de corte (Tabela 1) em decorrência das plantas e cladódios maiores nesta intensidade de corte. É provável que a manutenção de um maior IAC mantenha um nível de interceptação de luz próximo ao máximo, levando a altas taxas de fixação de CO₂ e, portanto, a um maior crescimento de cladódios, favorecendo os cladódios maiores e mais largos. Lima et al. (2016), ao estudarem a cv. gigante em irrigação, verificaram que a menor intensidade de corte (preservando os cladódios secundários) possibilitou um maior IAC. Os autores indicam que tal característica contribui para maior produção de forragem.

Houve efeito do espaçamento de plantio sobre a altura da planta, a largura do cladódio e o índice de área de cladódio (Tabela 2). Nos espaçamentos de 1,80 m x 0,80 m e 1,80 m x 0,40 m, as plantas atingiram maior altura do que no espaçamento de 1,80 m x 0,10 m.

A altura e a largura do cladódio diminuíram com o aumento da densidade de plantio, notadamente nos espaçamentos de 1,80 m x 0,20 m e 1,80 m x 0,10 m. Isso pode ter ocorrido devido à competição por nutrientes entre as plantas, principalmente a competição por água, embora a palma forrageira possua a capacidade de reservar água. Este resultado corrobora com o encontrado por Silva et al. (2014), trabalhando com palma do gênero *Opuntia* (redonda e gigante), manejada com intervalo de corte de 12 meses, com a preservação dos cladódios primários.

Já o IAC comportou-se de maneira inversa. O maior IAC foi encontrado no menor espaçamento testado (1,80 m x 0,10 m), comparado aos espaçamentos de 1,80 m x 0,80 m e 1,80 m x 0,40 m (Tabela 2). Tais resultados indicam que a palma OEM, quando mais adensada, compensa o menor tamanho da planta e a largura de cladódios através do maior IAC, que, por sua vez, reflete em uma maximização da produção por meio de um maior número de cladódios. O maior adensamento de plantas pode auxiliar a baixa capacidade de interceptação luminosa (IL) das plantas clones, que possuem IAC elevados e maior capacidade de cobertura do solo (FERRAZ, 2018). Além disso, o adensamento contribui para um menor risco de erosão do solo

e menor surgimento de plantas invasoras, tendo em vista a maior área de solo ocupada pela cultura.

O IAC é importante também para determinar a área fotossintética ativa da planta, indicando sua capacidade de transformar luz solar em matéria seca (Donato et al., 2014).

Tabela 2. Características morfológicas em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em quatro espaçamentos de plantio.

Espaçamento de plantio	Altura da planta (cm)	Largura do cladódio (cm)	Índice de área do cladódio
1,80 m x 0,10 m	70,03b	17,15b	3,09a
1,80 m x 0,20 m	77,13ab	16,91b	1,90b
1,80 m x 0,40 m	84,41a	19,98a	2,32ab
1,80 m x 0,80 m	85,26a	20,34a	1,48b
Erro padrão da média	4,71	1,14	0,40

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Houve efeito da interação do espaçamento de plantio e da intensidade de corte para largura da planta, da área fotossintética total e do número de cladódios total (Tabela 3). A maior largura de planta foi obtida nos espaçamentos de 1,80 m x 0,40 m e 1,80 m x 0,80 m quando comparados ao menor espaçamento estudado na menor intensidade de corte.

Tabela 3. Largura da planta, área fotossintética total e número de cladódios total em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte.

Espaçamento de plantio	Preservação do cladódio mãe	Preservação dos cladódios primários
	Largura da planta (cm) (EPM* = 6,94)	
1,80 m x 0,10 m	65,63aA	78,50aB
1,80 m x 0,20 m	66,13bA	96,94aAB
1,80 m x 0,40 m	73,63bA	119,00aA
1,80 m x 0,80 m	78,56bA	131,31aA
	Área fotossintética total (cm ²) (EPM = 3344,23)	
1,80 m x 0,10 m	4528,34aA	6567,15aB
1,80 m x 0,20 m	3827,11aA	9876,06aB
1,80 m x 0,40 m	8032,46bA	25248,73aA
1,80 m x 0,80 m	8768,61bA	33642,99aA
	Número de cladódios total (cladódios por planta) (EPM = 4,59)	
1,80 m x 0,10 m	10,75aA	16,38aB
1,80 m x 0,20 m	10,63bA	19,88aB
1,80 m x 0,40 m	17,25bA	46,00aA

1,80 m x 0,80 m

22,63bA

57,88aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

*EPM = erro padrão da média.

O menor adensamento de plantas possibilita maior espaço de solo disponível, permitindo que as plantas absorvam água e nutrientes de modo mais eficiente, contribuindo para o maior desenvolvimento, devido à menor competição entre elas. Silva (2019) aponta que a largura da planta se relaciona diretamente ao número e à posição dos artículos, assim como o espaçamento de plantio. Já o corte menos intenso contribuiu para maior largura da planta. Este resultado pode ter sido influenciado pelo estágio de desenvolvimento dos cladódios primários, quando são preservados (Tabela 1).

As menores densidades de plantio (1,80 m x 0,80 cm e 1,80 m x 0,40 m) promoveram uma maior área fotossintética total na menor intensidade de corte. Tal resultado tem influência direta do número total de cladódios, que reflete fortemente no IAC. Os cladódios são as estruturas responsáveis por absorver a radiação solar para realizar o processo de fotossíntese (QUEIROZ et al., 2015).

A área fotossintética da palma pode ser utilizada para avaliar o crescimento vegetativo e como o desenvolvimento da cultura é afetado pelo manejo aplicado (OLIVEIRA et al., 2009). As variáveis morfológicas da palma forrageira podem influenciar a fisiologia da planta e a produtividade da cultura, tornando o estudo dessas variáveis altamente relevante (ROCHA et al., 2017).

Houve efeito significativo da intensidade de corte na produção de matéria verde, na produção de matéria seca, no acúmulo de água da cultura e na eficiência de uso da água da chuva (Tabela 4). A preservação do cladódio primário no corte promoveu maior produção de matéria verde, produção de matéria seca, acúmulo de água da cultura e eficiência de uso da água da chuva.

Tabela 4. Produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS), acúmulo de água da cultura (AAC) e eficiência de uso da água da chuva (EUC) em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em duas intensidades de corte.

Intensidade de corte	PMV	PMS	AAC	EUC
	t ha ⁻¹ ano ⁻¹			kg de MS mm ⁻¹
Preservação do cladódio-mãe	95,8b	9,2b	86,6b	11,4b
Preservação do cladódio primário	199,4a	18,8a	180,5a	22,1a

Erro padrão da média	15,8	1,5	14,5	1,8
----------------------	------	-----	------	-----

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Quanto maior o resíduo após o corte, mais rápida será a rebrota, contribuindo para maior produtividade. Este resultado também pode ser atribuído ao número de cladódios totais que foi favorecido pela menor intensidade de corte. O crescimento na rebrota, por sua vez, é influenciado pela maior área fotossintética e reserva orgânica remanescente, contribuindo para o subsídio contínuo de água e de nutrientes às plantas durante o ciclo de produtivo. Farias et al. (2000) estudaram a produção de palma forrageira em duas intensidades de corte, preservando os cladódios primários e os cladódios secundários. Os autores relataram que ocorre maior produção para a palma quando se preserva os cladódios primários, a produção de 4,08 t/ha/ano foi possível aplicando a frequência de corte de quatro anos e 3,43 t/ha/ano com frequência de corte de dois anos.

O maior acúmulo de água pela cultura quando os cladódios primários foram preservados no corte está ligado à produção de massa verde, com consequente aumento do teor de água nas plantas. O elevado valor de água disponível por hectare cultivado com palma é um fator determinante nas regiões semiáridas, notadamente em períodos com baixa precipitação pluvial, momento em que a palma pode fornecer este nutriente aos animais, quando consumida por eles (CAVALCANTE et al., 2014). Shruthilaya et al. (2022) indicam que, em dietas para bovinos Nelore com 40% de capim-elefante substituído por palma forrageira, os animais diminuem significativamente a ingestão voluntária de água. Silva et al. (2021) apontam que nas dietas para ovinos utilizando a proporção de 70% (417,27 g/kg MS) de palma forrageira e 30% (178,83 g/kg) de gliricídia (*Gliricidia sepium*) e uma relação volumosa:concentrado de 60:40, o consumo de água é significativamente reduzido.

A maior eficiência de uso de água da chuva ocorreu na menor intensidade de corte. Em ambientes semiáridos, esta característica é importante para ser avaliada, pois reflete a capacidade da cultura em acumular forragem com restrição hídrica. De forma geral, a palma forrageira possui capacidade de obter alta eficiência no uso da água (RAMOS et al., 2017). Dubeux et al. (2006) verificaram, para a cultivar gigante, uma maior eficiência de água da chuva nas plantas mais adensadas. A eficiência de água da chuva pela palma forrageira em ambientes semiáridos reflete na capacidade dessa cultura em acumular biomassa, mesmo em condições de estresse hídrico (SOUZA et al., 2019).

Houve efeito do espaçamento de plantio na produção de matéria verde, na produção de matéria seca, no acúmulo de água da cultura e na eficiência de uso de água da chuva. Assim,

houve maior produção de matéria verde, de acúmulo de água da cultura e maior eficiência de uso de água da chuva no espaçamento de 1,80 m x 0,40 m (Tabela 5). A produção de matéria seca no espaçamento de 1,80 m x 0,40 m foi maior que nos espaçamentos 1,80 m x 0,10 m e 1,80 m x 0,20 m, mas não diferiu daquela do espaçamento de 1,80 m x 0,80 m.

Tabela 5. Produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS), acúmulo de água da cultura (AAC) e eficiência de uso da água da chuva (EUC) em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em diferentes espaçamentos de plantio.

Espaçamento de plantio	PMV	PMS	AAC	EUC
	t ha ⁻¹ ano ⁻¹			kg de MS mm ⁻¹
1,80 m x 0,10 m	130,1b	11,5b	118,5b	13,5b
1,80 m x 0,20 m	126,5b	12,3b	114,2b	14,6b
1,80 m x 0,40 m	198,0a	18,9a	179,1a	23,8a
1,80 m x 0,80 m	135,8b	13,4ab	122,4b	15,0b
Erro padrão da média	22,3	2,1	20,5	2,5

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Possivelmente, a maior produção e a eficiência de uso de água da chuva estão relacionadas à capacidade das plantas absorverem mais nutrientes devido à menor competição entre elas e ao maior espaço disponível para crescimento. A luminosidade também pode ter contribuído para o resultado, pois, com o menor adensamento, diminui o sombreamento entre plantas, favorecendo a captação de luz solar por elas. O sombreamento pode influenciar negativamente na produtividade da cultura de palma forrageira por possuir influência na interceptação luminosa (PEIXOTO et al., 2018).

O resultado da maior eficiência de uso da água da chuva no espaçamento de 1,80 m x 0,40 m pode ser explicado pela maior área de solo disponível para ser explorada pelas raízes das plantas e captar a água. Este resultado também pode ser associado à maior área de solo exposto na menor densidade de plantio testada, favorecendo maior evapotranspiração e consequente maior perda desse nutriente. O maior acúmulo de água da cultura, por sua vez, é fortemente influenciado pela capacidade das plantas em absorver e armazenar a água disponível.

Houve efeito significativo da interação espaçamento de plantio e intensidade de corte para a característica produção de matéria seca por planta (Tabela 6). O menor adensamento, na menor intensidade de corte, proporcionou maior produção de matéria seca por planta. Este

resultado foi possível devido à maior área fotossintética disponível após o corte e à menor competição entre plantas por nutrientes.

Tabela 6. Produção de matéria seca por planta em palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana em diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte.

Espaçamento de plantio	Preservação do cladódio-mãe	Preservação dos cladódios primários
1,80 m x 0,10 m	154,4Aa	260,9Ca
1,80 m x 0,20 m	303,5Aa	579,5Ca
1,80 m x 0,40 m	969,6Ab	1750,1Ba
1,80 m x 0,80 m	909,2Ab	2941,6Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Erro padrão da média = 325,27.

Na Figura 2, estão expostos os resultados da análise de componentes principais (CPs) entre as variáveis morfológicas e produtivas da palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos de plantio e manejo de corte distintos. Os dois primeiros CPs explicaram 71% da variação dos dados e permitiram identificar a associação das variáveis morfológicas e produtivas. Assim, as dimensões do cladódio estão relacionadas à área do cladódio, como esperado. As características morfológicas de cladódio são determinantes na área de cladódio, auxiliando na assimilação de carbono e na capacidade de realizar a fotossíntese. As dimensões do cladódio são de fundamental importância para definir o dossel da palma forrageira (BARBOSA et al., 2018). O número de cladódios, a altura e a largura da planta estão associadas às características produtivas, como produção de matéria seca por área e por planta e eficiência de uso de água da chuva.

É possível perceber que as características morfológicas e produtivas estão mais relacionadas aos menores adensamentos estudados (Figura 2A) e à menor intensidade de corte, quando os cladódios primários foram preservados (Figura 2B). Estes resultados demonstram que a palma OEM busca compensar a produção de forragem utilizando estratégias de crescimento diferentes conforme o arranjo de plantas. As plantas podem passar por processos de plasticidade fenotípica, ou seja, respondem às mudanças nas condições ambientais em que estão inseridas. Esta plasticidade fenotípica permite que elas desenvolvam características de adaptação ao ambiente (LOUW et al., 2015). Assim, de forma geral, quando as plantas de OEM tiveram espaço, como nos menores adensamentos, possivelmente destinou as reservas para

desenvolver seus cladódios, caso contrário, buscaram aumentar o IAC. Isso pode explicar a baixa relação do IAC com as demais características estudadas (Figura 2).

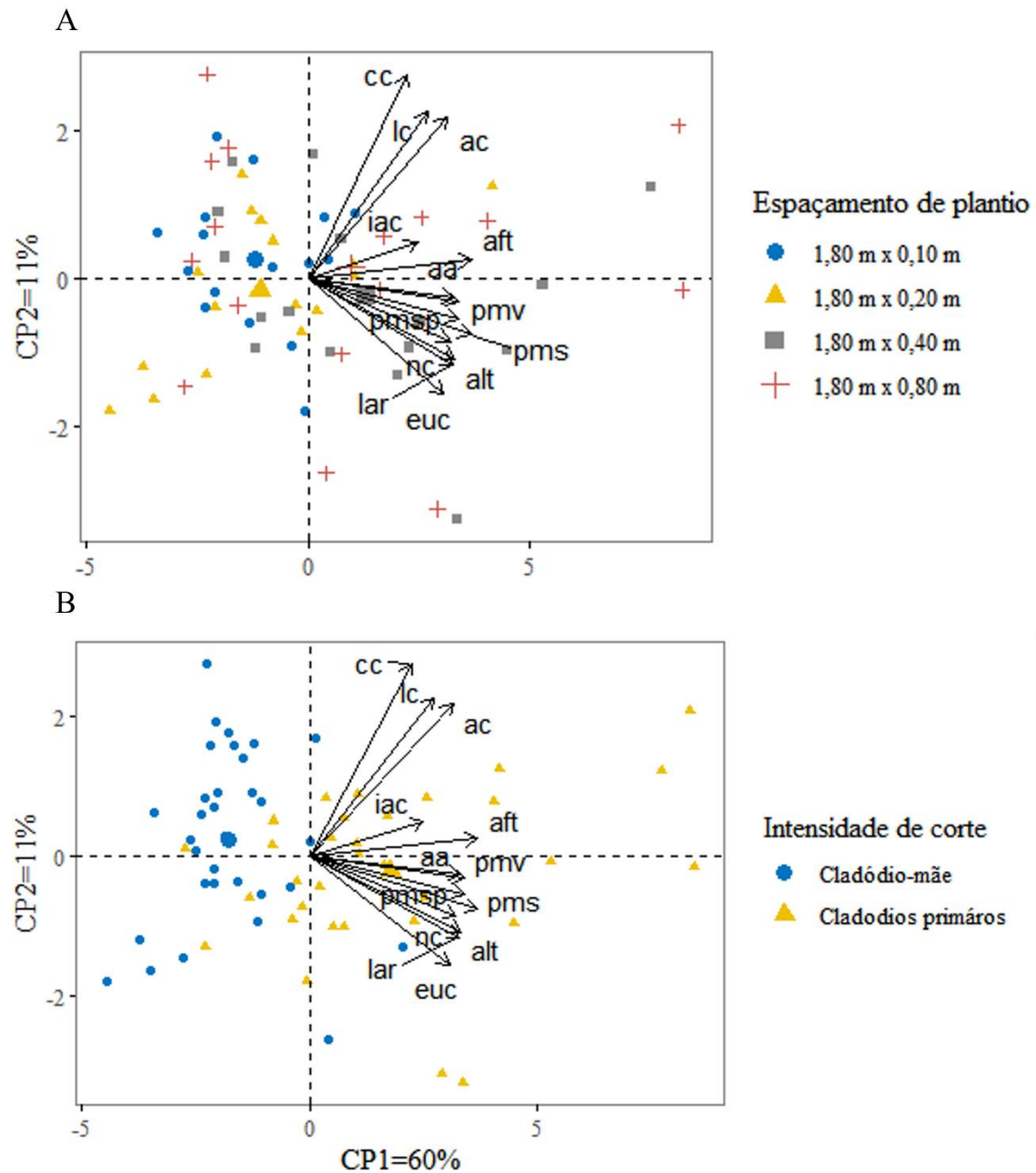


Figura 2. Análise de componentes principais com as características morfológicas e produtivas da palma orelha de elefante mexicana em diferentes espaçamentos de plantio e intensidades de corte. Observações por espaçamentos de plantio (A) e por intensidades de corte (B).

Comprimento de cladódio (cc), largura de cladódio (lc), área de cladódio (ac), índice de área de cladódio (iac), área fotossintética total (aft), acúmulo de água da cultura (aa), produção de matéria verde (pmv), produção de matéria seca (pms), produção de matéria seca por planta (pmsp), número de cladódios totais (nc), altura da planta (alt), largura da planta (lar) e eficiência no uso da água da chuva (euc).

Outro aspecto que merece destaque é que em muitos trabalhos da literatura os menores espaçamentos de plantio, ou seja, maior população de plantas por área, normalmente acima de 50 mil plantas ha^{-1} , em geral proporciona maior produtividade (Lemos et al., 2021; Pereira et al., 2022; Silva et al., 2016). Os resultados deste trabalho mostraram que a produtividade da OEM foi maior no espaçamento de plantio de 1,8 m x 0,4 m, que tem cerca de quatro vezes menos plantas por hectare que o espaçamento mais adensado estudado (1,8 m x 0,10 m). Isto demonstra que o maior espaçamento entre plantas favoreceu o desenvolvimento individual das plantas, notadamente quando se preservou os cladódios primários no corte (Tabela 6), resultando em maior produção de matéria seca. Destaca-se também a idade avançada do palmar (10 anos ao final do experimento), que possivelmente contribuiu para maior desenvolvimento das plantas ao longo dos ciclos de colheitas anuais e o próprio hábito de crescimento da cultivar OEM, diferente das demais cultivares tradicionais (Santos et al., 2020). Assim, é possível que diferentes arranjos de plantas, proporcionados por distintos espaçamentos de plantio, mas com a mesma população de plantas por área, acarrete diferentes produtividades. Sugere-se que mais estudos sejam realizados neste sentido, com diferentes cultivares, níveis de adubação e irrigação.

As diferenças morfológicas e produtivas observadas na OEM foram importantes para entender como esta cultivar responde às diferentes situações de plantio e manejo de corte. Estes resultados são fundamentais para o direcionamento de estratégias de plantio e manejo de corte que podem ser aplicadas no cultivo desta cactácea.

5. CONCLUSÃO

A preservação dos cladódios primários na colheita proporciona o desenvolvimento de plantas maiores e mais largas, com maior área de cladódio, maior produtividade e maior acúmulo de água pela cultivar orelha de elefante mexicana.

O espaçamento de plantio de 1,8 m x 0,40 m favorece maior produtividade da palma forrageira cultivar orelha de elefante mexicana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

ALVES, C.P. et al. How to enhance the agronomic performance of cactus-sorghum intercropped system: planting configurations, density and orientation. **Industrial Crops and Products**, v. 184, p. 115059, 2022.

ALVES, F.A.L. Photosynthesis and gas exchanges of forage cactus varieties (*Opuntia* and *Nopalea*) grown under screen and irrigation. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2020.

ALVES, R. N. et al. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.

APOLLON, W. et al. Effect of ammonium nitrate on novel cactus pear genotypes aided by biobattery in a semi-arid ecosystem. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 49, 101730, 2022.

ARAÚJO, G.N.J. et al. Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 131, 126375, 2021.

BARBOSA, M.L. et al. Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 399-408, 2018.

BORGES, L.R. et al. Seleção de clones de palma forrageira quanto à resistência à cochonilha carmim *Dactylopius opuntiae* (*Dactylopiidae*). **Acta Horticulturae**, v. 24, n. 995 p. 359-365, 2013.

CARDOSO, D.B.; CARVALHO, F.F.R.; MEDEIROS, G.R. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23–31, 2019.

CARVALHO, C.B.M. et al. Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 259, p. 440-446, 2018.

CAVALCANTE, L.A. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

Cotrim, P.R.F.J. **Palma forrageira “Gigante” submetida a diferentes reposições hídricas com água salobra e densidades de plantio**. 2019. 60f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, Salvador-BA.

DONATO, P.E.R. et al. Implantação da lavoura de palma forrageira. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 296, p. 21-33, 2017.

DONATO, P.E.R. et al. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014

DUBEUX JR, J. C. B.; SALEM, H. Ben; NEFZAOU, A. Forage production and supply for animal nutrition. **Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: Food and

Agriculture Organization of the United Nations and International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 2017. p. 73-92.

DUBEUX JR, J.C.B. et al. "Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review." **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, 114890, 2021.

DUBEUX JR, J.C.B. et al. Produtividade de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller sob diferentes fertilizações com N e P e população de plantas no Nordeste do Brasil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

EDVAN, R.L. et al. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v.10, n.1, p.1-10, 2020.

FARIAS, I. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JÚNIOR., J.C. B. Estabelecimento e manejo do palmal. In: MENEZES R. S. C.; SIMÓES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 81-103.

FERRAZ, A.P.F. **Avaliação de clones de palma forrageira no Agreste e Sertão de Pernambuco**. 2018.150f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Recife-PE.

FERRAZ, R.L.D.S. et al. Variações nos níveis de reposição de água no solo promovem mudanças na composição mineral da palma forrageira e na produtividade da biomassa. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 5, p. 1-17, 2020.

FONSECA, V.A. et al. Nutrientes em palma forrageira 'Gigante' sob diferentes lâminas de irrigação com água salina e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 381-389, 2022.

GALVÃO, J.G.B.G. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

HILLS. F. S. **Anatomia e morfologia. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Roma: FAO produção vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB), 2001. p. 28-35.

HUSSAIN, J. et al. Responses to Climate Change and Its Adaptations: A Focus on Arid and Semiarid Environment. **International Journal of Environmental Research**, v. 12, n. 1, p. 117-126, 2018.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inmet?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 06 mai. 2022.

JARDIM, A.M.R.F. et al. Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 421-430, 2021.

- KHODAEIAMINJAN, M.; NASSRALLAH, A.A; KAMAL, KHAELD.Y. Potential Attribute of Crassulacean Acid Metabolism of *Opuntia* spp. Production in Water-Limited Conditions. In: ***Opuntia* spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications**. Springer, Cham, 2021. p. 201-218.
- LÉDO, A.A. et al. Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by 'Gigante' cactus pear under different fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 82-89, 2021.
- LEMOS, M. et al. Avaliação nutricional de palma forrageira fertirrigada com efluente de esgoto doméstico. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 476-486, 2018.
- LEMOS, M. et al. The effect of domestic sewage effluent and planting density on growth and yield of prickly pear cactus in the semiarid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 185, p. 104372, 2021.
- LIMA, G.F.D.C. et al. Características morfológicas e produtividade de forragem da palma forrageira irrigada sob diferentes intensidades de corte. **Revista Caatinga**, v.2 9, n. 2, p. 481-488, 2016.
- LOPES, L.A. et al. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. orelha de elefante mexicana. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.33, n. 8, p. 1284, 2020.
- LOUW, E.L. et al. Physiological and phenological responses of Protea 'Pink Ice' to elevated temperatures. **South African Journal of Botany**, v. 99, p. 93-102, 2015.
- MAHOUACHI, M., ATTI, N. & HAJJI, H., 2012. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* F. Inermis) for dairy goats and growing kids: Impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-4, 2012.
- MARQUES, O.F.C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.
- MATOS, L.V. et al. Características estruturais e produção da pera 'Gigante' em agroecossistemas no semi-árido da Bahia, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 33, n.4, p. 1111-1123, 2020.
- MONTEIRO, C.C.F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v. 59, n. 3, p. 479-485, 2019.
- MONTEIRO, C.C.F. ET al. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 7, p. 1149-1154, 2014.
- NOBEL, P. S. Environmental biology In: BARBERA, G; INGLESE, P.; PIMIENBARRIOS, E (Ed.) **Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear**. Rome: FAO, 1995, 36-48p.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Barros, N. F.; Fontes, L. E. F.; Neves, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.133-204.
- OLIVEIRA S.J. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 3, n.1, p. 7-12, 2009

OLIVEIRA, F. T. et al. Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

OLIVEIRA, J.F.F. **Crescimento e composição químico-bromatológica da palma forrageira e do algodão sob irrigação suplementar**. 2019. 137f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagem, Garanhuns-PE.

PEIXOTO, M.J.A. et al. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 257, p. 35-39, 2018.

PERAZZO, A.F., et al. (2013). Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1771-1776, 2013.

PEREIRA, J. et al. Forage yield and structural responses of spineless cactus ‘orelha de elefante mexicana’ at different planting densities. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 44, e53016, 2022.

PEREIRA, J.D.S. et al. Respostas morfológicas e de produção de palma forrageira orelha de elefante mexicana sob diferentes intensidades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.21, p. 1-10, 2020.

PINHEIRO, K.M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

QUEIROZ, M.G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 931-938, 2015.

RAMOS, F.J. P. et al. Crescimento e Produtividade de *Nopalea cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 8, p. 1-12, 2017.

RAMOS, F.J.P. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.

RAMOS, J.P.D.F. et al. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. **Acta Scientiarum. Agronomia**, v.43, p. 1-11, 2021

REGO, M.M.T. et al. Morfologia e rendimento de biomassa da palma miúda irrigada sob doses de adubação orgânica e intensidades de corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 16, n. 2, p. 118-130, 2014.

REIS FILHO, R.J.C. et al. Biomass components and water use efficiency in cactus pear under different irrigation systems and harvest frequencies. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.51, p.1-15, 2022.

ROCHA FILHO, R.R. et al. O Can spineless forage cactus be the queen of forage crops in dryland areas? **Journal of Arid Environments**, v. 186, e104426, 2021.

ROCHA, R.S. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 255, p. 365-373, 2017.

- SALES, A.T. et al. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 1, p. 19-24, 2013.
- SANTOS, D. C. et al. Botânica e Cultivares. In: DONATO, S.L.R; BORÉM, A.; RODRIGUES, M.G.V. (Eds). **Palma Forrageira do Plantio à Colheita**. 1 ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2020. p. 21-41.
- SANTOS, D.C. et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: novas cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.111-121, 2013.
- SANTOS, D.C. et al. **Manejo e utilização de Palma Forrageira (*Opuntia* e *Napolea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (Boletim Técnico, 30).
- SCHEINVAR, L. Taxonomia das *Opuntias* utilizadas. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMIENTA BARRIOS, E. (Org.) **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.20-27.
- SCHEINVAR, L. Usos e importância das Cactáceas. In: WORKSHOP SOBRE A PALMA FORRAGEIRA: USOS E PERSPECTIVAS PARA O SEMIÁRIDO, 1, 2012, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana, 2012. p.151.
- SHRUTHILAYA, N. et al. Effect of feeding cactus (*Opuntia ficus*) on growth performance of Nellore lambs. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 1, p. 926-931, 2022.
- SILVA, E.T.D.S. et al. Aceitabilidade por novilhas Girolando e valor nutricional da palma orelha-de-elefante-mexicana armazenada por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 761-767, 2017.
- SILVA, J.A.D. et al. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n. 6 p.564-569, 2016.
- SILVA, J.A. et al. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacing's and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 236-242, 2016.
- SILVA, L.M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.
- SILVA, N. G. M. et al. Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 423, p. 976-983, 2016.
- SILVA, P.S.F. **Comportamento e caracterização de clones de palma forrageira sob diferentes condições de cultivo**. 2019. 103f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife-PE.
- SILVA, R.C. et al. orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) Cacto sem espinhos como opção na dieta de bovinos mestiços leiteiros. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.
- SILVA, T.G.F. et al. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.

SILVA, T.G.F. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 73, n. 22, p. 184-191, 2014b.

SILVA, T.G.P. et al. Cactus cladodes cause intestinal damage, but improve sheep performance. **Tropical Animal Health Production**, v. 53, n. 281, p. 1-10, 2021.

SOUZA, J.A. et al. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 268-273, 2019.

SOUZA, T.C. et al. Productivity and nutrient concentration in spineless cactus under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 555-560, 2017.

SUDENE– Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do semiárido. **Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene**, 2017. Acesso em: 09/03/2022

VASCONCELOS, A.G.V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.